



Институт космических исследований Российской академии наук



Двадцатая третья международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»
Москва, 10–14 ноября 2025

ЧЕРНОМОРСКИЙ КВАЗИТРОПИЧЕСКИЙ ЦИКЛОН FALCHION (07–20 августа 2021) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Галина Левина

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

levina@cosmos.ru



Asia-Pacific Typhoon Collaborative Research Center

- The Asia-Pacific Typhoon Collaborative Research Center (AP-TCRC) is a newly established international joint typhoon research unit. **On December 1, 2021**, the AP-TCRC was inaugurated in Shanghai and has settled in the Lingang Special Area of Shanghai Pilot Free Trade Zone.
- It is supported by the ESCAP/WMO Typhoon Committee (the Committee) and hosted by the Shanghai Municipal Government of China and the China Meteorological Administration.
- The AP-TCRC aims to strengthen scientific and technical cooperation with the Committee and other related international organizations.
- It provides a sustainable platform for conducting collaborative research on advanced sciences and key techniques in typhoon monitoring, typhoon forecasting and modelling, and typhoon associated disaster prevention and mitigation.

ПРИВЕТ ИЗ ШАНХАЯ!



Asia-Pacific Typhoon
Collaborative Research Center

Цель визита: совместные работы по реализации ранней и точной диагностики зарождения тропических циклонов на основе теории турбулентного вихревого динамо ИКИ РАН.

Ключевым элементом динамо-эффекта в атмосфере является вихревая облачная конвекция, известная как

Vortical Hot Towers – Вихревые Горячие Башни!

Вихревая облачная конвекция, обеспечивающая турбулентное вихревое динамо

Впервые обнаружена в тропической атмосфере Земли:

2004 – E. Hendricks et al., *Journal of Atmospheric Sciences*

- За прошедшие 20 лет **многократно подтверждена** натурными наблюдениями и измерениями, спутниковыми данными и численным моделированием в разных странах

Найдена в квазитропических циклонах средних широт:

2019 – Г.В. Левина, Д.А. Яровая (**впервые**) – серия презентаций;

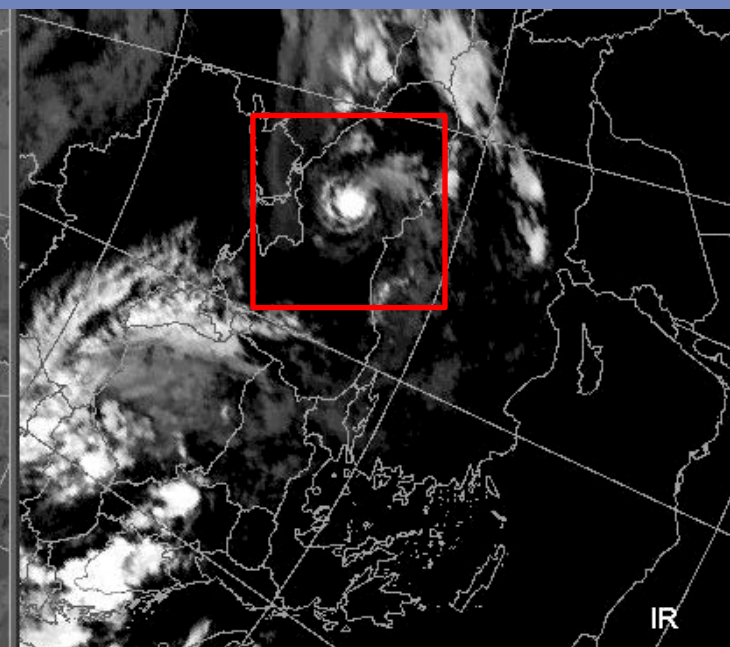
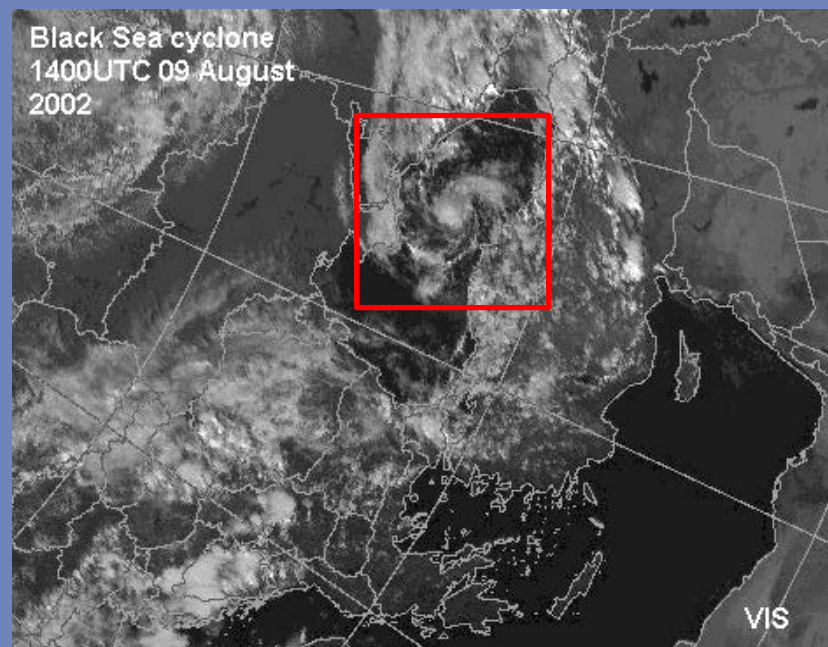
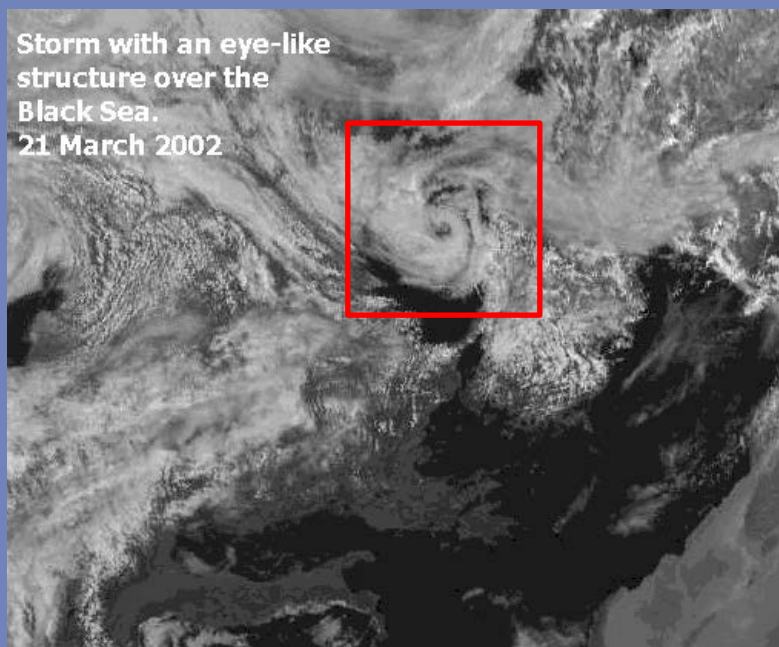
2022 – G. Kilroy et al., *Tropical Cyclone Research and Review*

В полярных мезоциклонах (ПМЦ):

Ждем ...

Первые спутниковые снимки для Чёрного моря

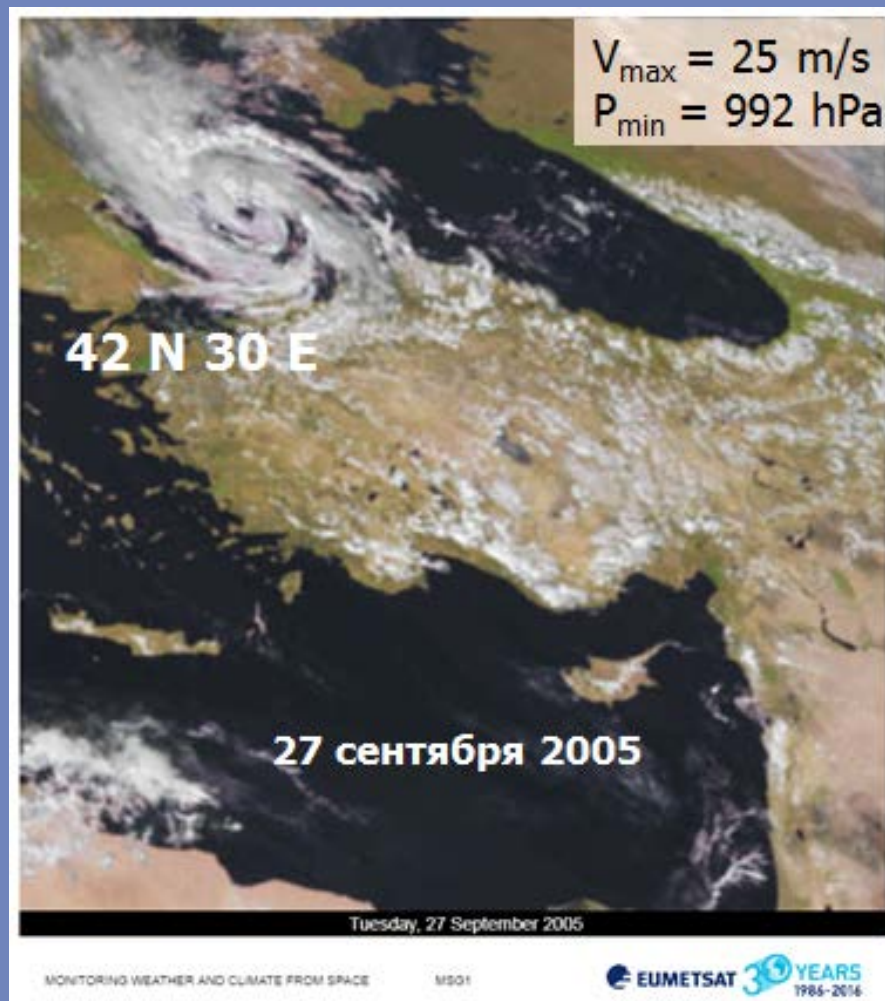
Первые спутниковые снимки черноморских мезомасштабных циклонических вихрей с особенностью типа «глаза» урагана относятся к **2002 году (Met Office, UK)**. Однако эти вихри имели очень короткое время жизни и не были исследованы.



<https://web.archive.org/web/20070109143418/http://www.metoffice.gov.uk/weather/tropicalcyclone/tcimages/Misc/blacksea1.gif>
<https://web.archive.org/web/20070109143556/http://www.metoffice.gov.uk/weather/tropicalcyclone/tcimages/Misc/blacksea2.gif>

(date of access: 11.11.2025)

Первый изученный квази-ТЦ в Чёрном море (2005)



<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html> (date of access: 11.11.2025)

Первый подробно изученный квази-ТЦ [1–4] достиг максимальной скорости поверхностного ветра 25 м/с (интенсивность тропического шторма) при падении давления в центре до 992 гПа. Он наблюдался над акваторией Черного моря 25–29 сентября 2005 года.

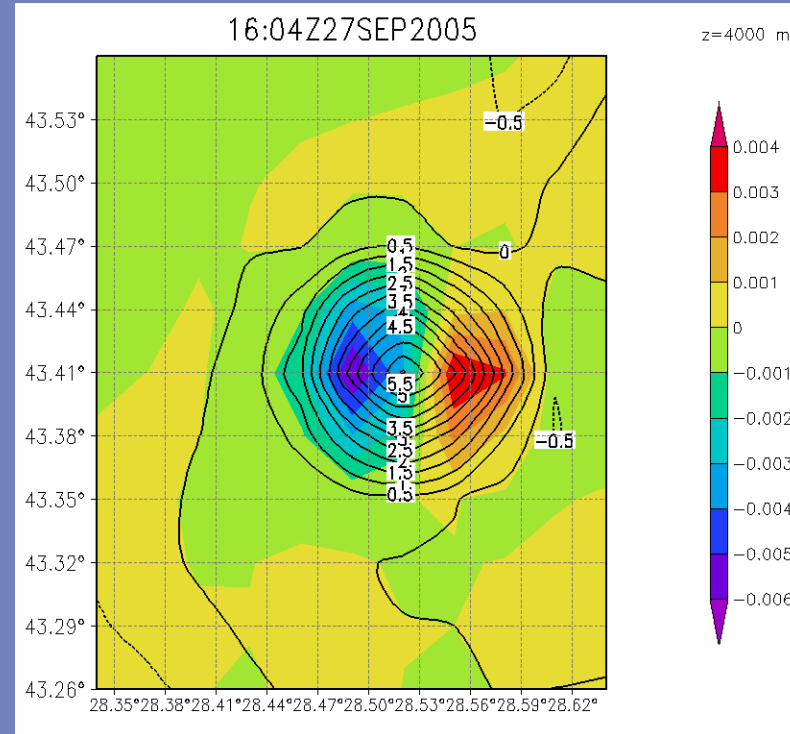
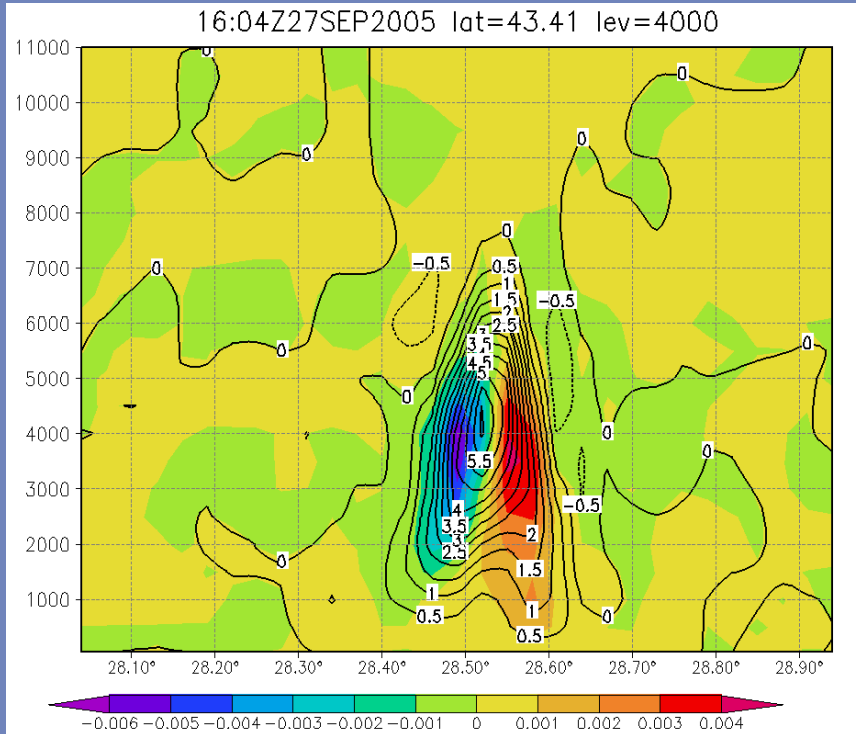
В работах [3, 4] проводилось численное моделирование на 3-х вложенных пространственных сетках с минимальным горизонтальным разрешением на внутренней из них **10 км, модель MM5 [3] и 1 км, модель WRF [4].**

Однако в недавнем (2021г.) и уже облачно-разрешающем моделировании [4] вихревые облачные структуры не были идентифицированы, а сама возможность их существования или появления вообще не упоминалась.

1. Ефимов В.В., Шокуров М.В., Яровая Д.А. **2007.** *Изв. АН. ФАО.*
2. Ефимов В.В., Станичный С.В., Шокуров М.В., Яровая Д.А. **2008.** *МиГ.*
3. Яровая Д.А., Ефимов В.В., Шокуров М.В., Станичный С.В., Барабанов В.С. **2008.** *МГЖ.*
4. Зарипов Р.Б., Павлюков Ю.Б., Крупчатников В.Н. **2021.** *МиГ.*

Вихревая облачная конвекция в Чёрном море

Моделирование 2010 г. по просьбе автора: Вихревая Горячая Башня (ВГБ)

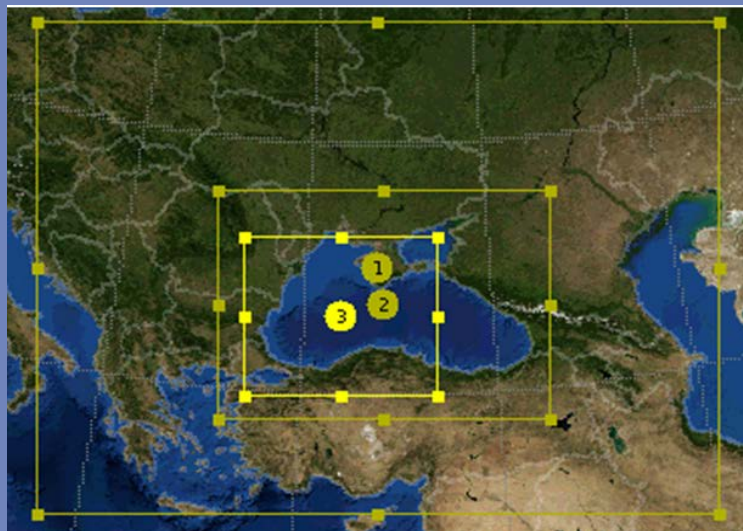


Vertical cross-section at latitude = 43.41 (left) and horizontal cross-section at z = 4000 m (right) ;
Vertical contribution of helicity – m/s^2 (color contour) and vertical velocity – m/s (solid isolines).

Vortical Hot Tower в квазитропическом циклоне 27 сентября 2005.

Моделирование Д. А. Яровая (3 км – горизонтальное разрешение) , Морской гидрофизический институт, Севастополь.

Вихревая облачная конвекция (моделирование 2018-2019 гг), обеспечивающая турбулентное вихревое динамо



Черноморский квази-ТЦ, 25–29 сентября 2005 г.

Численное моделирование WRF-ARW

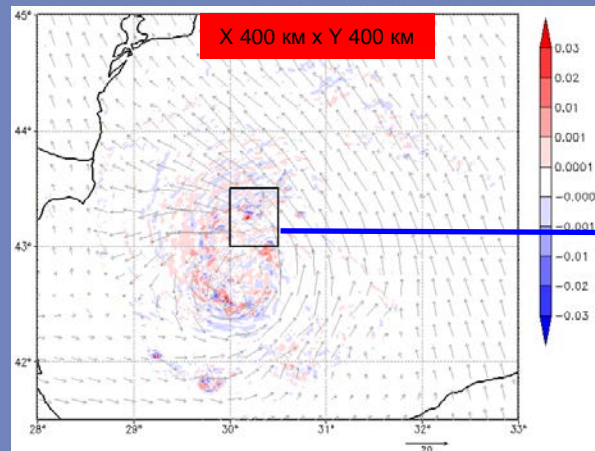
Центры расчетных сеток: 1 – 9 км, 2 – 3 км, 3 – 1 км.

52 уровня по вертикали.

Явное разрешение конвекции.

Для верификации результатов проведены расчеты с увеличенным в 2 раза пространственным разрешением.

Левина Г.В., Яровая Д.А. Презентации и тезисы в РФ. 2019.



Вертикальная спиральность (цвет; м/с^2) и поле скорости ветра (стрелки; м/с)

12 UTC 27 сентября

Сечение $Z = 7,4 \text{ км}$

Укрупненный вид

$w \approx 12 \text{ м/с}$

$\omega_z \approx 0,003 \text{ с}^{-1}$

$h_z \approx 0,04 \text{ м/с}^2$

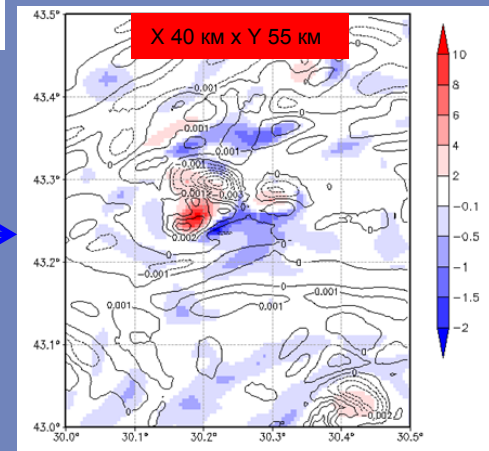
$$h = \mathbf{V} \cdot \boldsymbol{\omega} = u \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) + w \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

Плотность спиральности

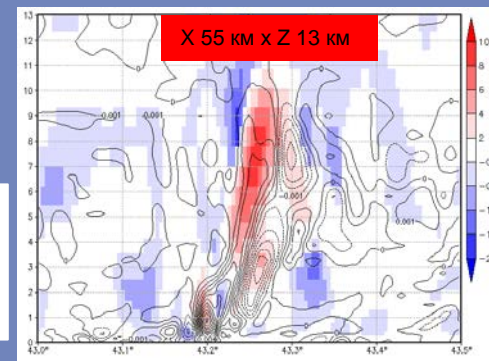
ВГБ локализованы в поле вертикальной спиральности (впервые предложено автором)

ω_z башни в 30 раз превышала фоновую завихренность !

ВГБ:
 $H \approx 10 \text{ км}$
 $L \approx 10 \text{ км}$



Вертикальная скорость (цвет; м/с) и Верт. завихренность (изолинии; $1/\text{с}$).

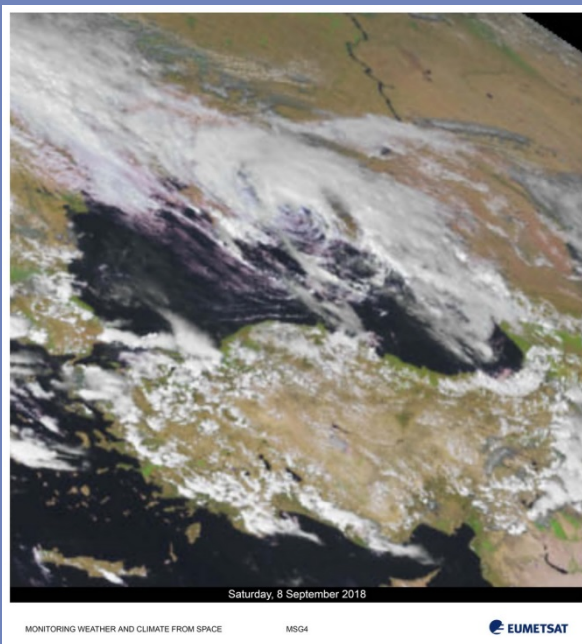


Меридиональный разрез по $30,2^\circ$ в.д.

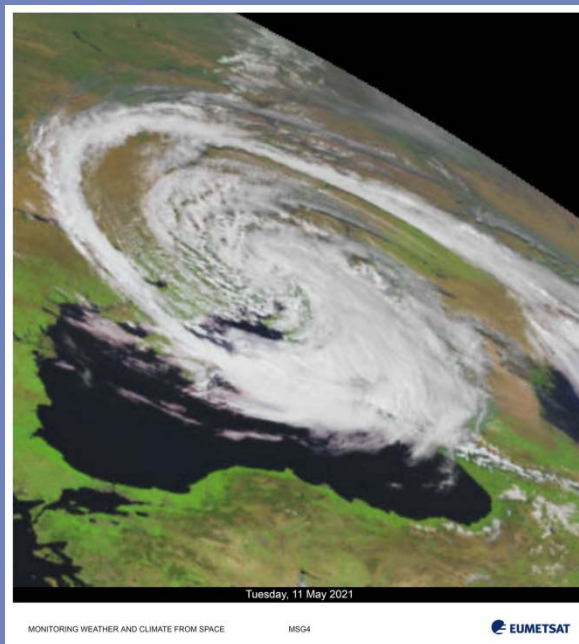
Недавние черноморские квази-ТЦ (2018–2021)

В 2017 г. Romero & Emanuel [1] предсказали, что в связи с изменением климата возможно более частое появление квази-ТЦ в западной части Средиземного моря и в Черном море.

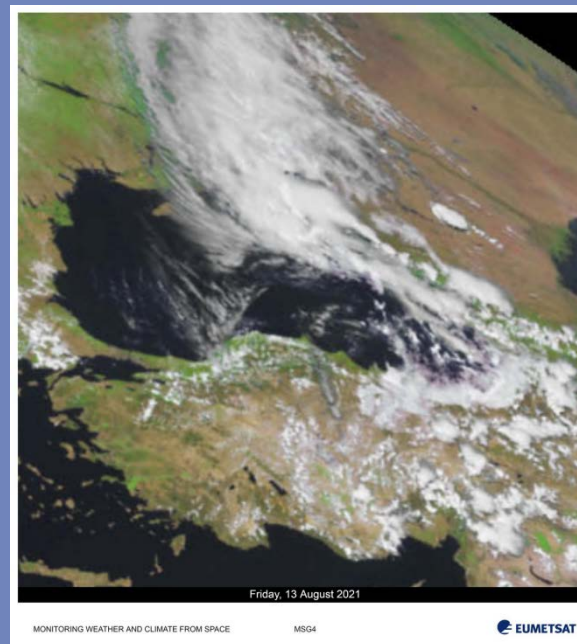
1. Romero, R. & Emanuel, K. Climate change and hurricane-like extratropical cyclones: Projections for North Atlantic polar lows and medicanes based on CMIP5 models. *J. Climate*. 2017, **30**, 279–299. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0255.1



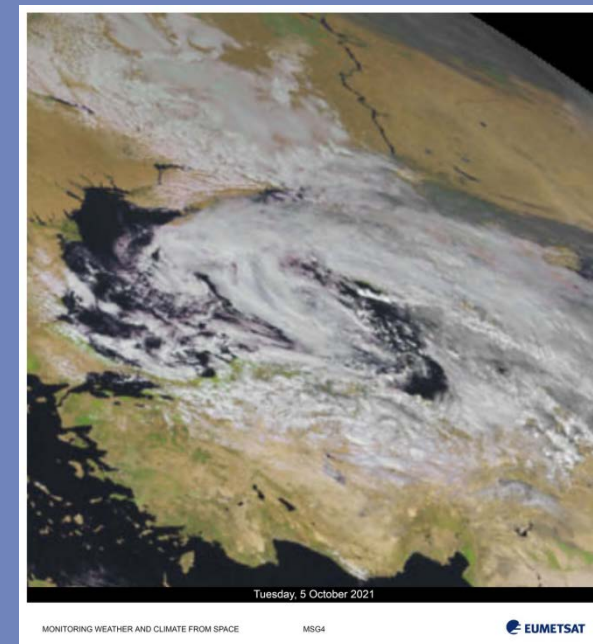
8 сентября 2018



11 мая 2021



13 августа 2021

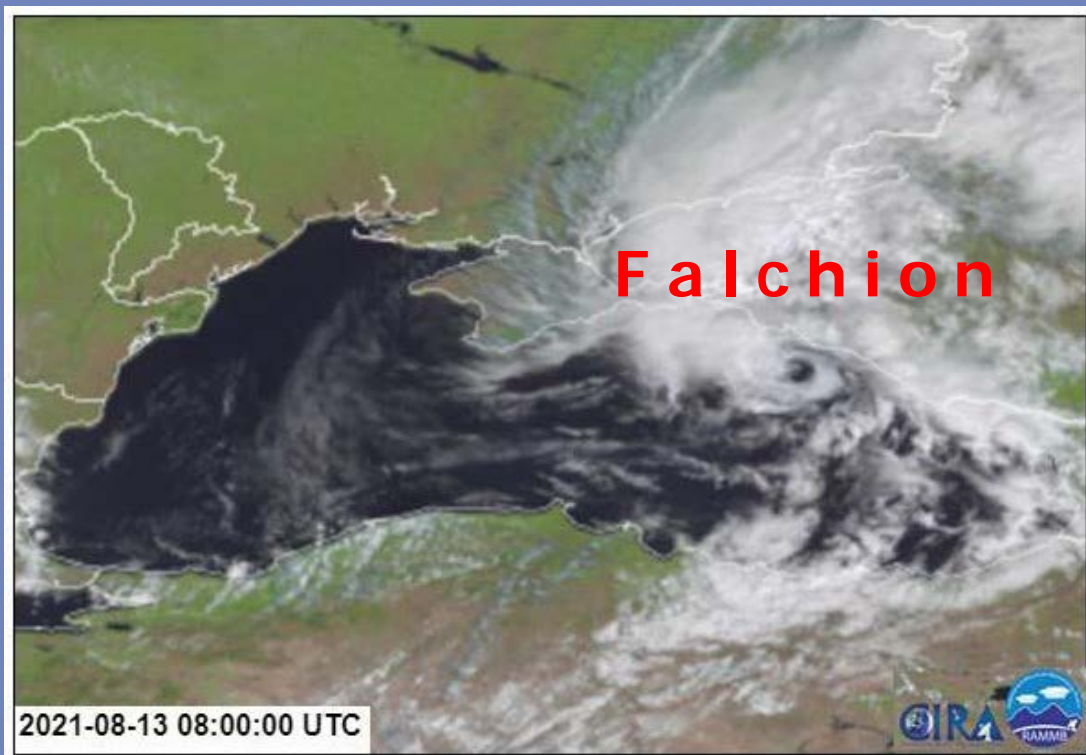


5 октября 2021

Диагностированы как квази-ТЦ зарубежными метеослужбами

<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html> (date of access: 11.11.2025)

Два широко обсуждавшихся квази-ТЦ (2021)



Квази-ТЦ , наблюдавшийся 07–20 августа 2021 г.

Обсуждение на проф. форуме tstorms.org 12–15 августа 2021 г.:

J. Heming (Met Office, UK), M. Lander (UOG, Guam, USA), D. Herndon (CIMSS UW-Madison, USA), S. Kusselson (CIRA/CSU, USA), K. Emanuel (MIT, USA), B. Trewin (BoM, Australia), P. Black (NOAA-AOML, USA), S. Dafis (NOA/IERSD, Greece), S. Hristova-Veleva (JPL NASA, USA), G. Levina (IKI, Russia).



Квази-ТЦ , наблюдавшийся 03–05 октября 2021 г.

Обсуждение на проф. форуме tstorms.org 04–05 октября 2021 г.:

J. Heming (Met Office, UK), C. Hebert (StormGeo, Inc., USA), S. Delgado (NOAA-NHC, USA), S. Bachmeier (CIMSS UW-Madison, USA), S. Dafis (NOA/IERSD, Greece), S. Hristova-Veleva (JPL NASA, USA), G. Levina (IKI, Russia).

Квазитропический циклон Falchion (07–20.08.2021)

Farr, M.B., Gasch, J.V., Travis, E.J., Weaver, S.M., Yavuz, V., Semenova, I.G., Panasiuk, O., Lupo, A.R.

An Analysis of the Synoptic Dynamic and Hydrologic Character of **the Black Sea Cyclone Falchion**.

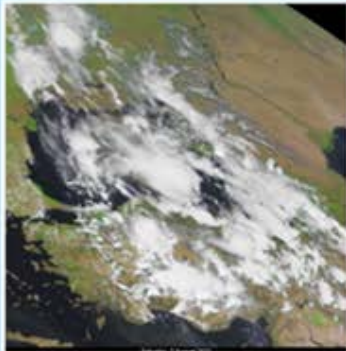
Meteorology, 2022, 1, 495–512. <https://doi.org/10.3390/meteorology1040031> Online: 2 December 2022.

- Применены качественные синоптико-динамические методы и количественная гидрометеорологическая информация. Этот интенсивный вихрь обладал свойствами гибридного тропического и внетропического циклона. Такие вихри часто возникают в Средиземном море и уже несколько раз наблюдались в Черном море. Использованы реанализы NCEP/NCAR, наборы данных NARR, спутниковый анализ, а также данные о состоянии поверхности моря (SST) для изучения синоптической динамики и гидрологических характеристик «Falchion» и сравнения этого шторма с ТЦ.
- «Falchion» нанес определенный ущерб, двигаясь к побережью над восточной частью Черного моря.
- По мнению автора, именно **ранние стадии формирования этого вихря, характеризующиеся развитием интенсивной вихревой облачной конвекции (спутниковые данные CIRA-RAMMB)**, привели к разливу нефти на морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума под Новороссийском 7 августа 2021 г.

Квазитропический циклон Falchion (07–20.08.2021)

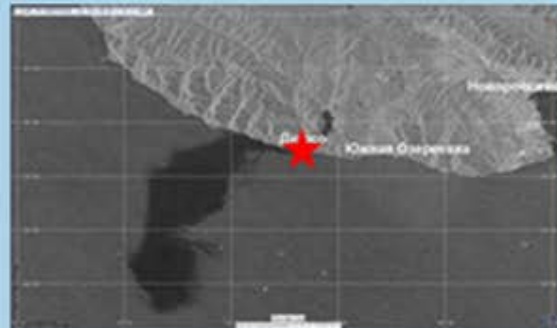
Нефтяной разлив в районе Новороссийска – 7 августа 2021 г.

Теперь в Черном море необходимо учитывать существование вихревых облачных башен!
Они хорошо видны 12 августа и могли появиться 7 августа перед образованием квази-ТЦ!



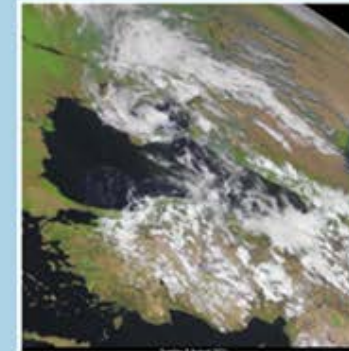
7 августа 2021

<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html>
(date of access: 11.11.2025)



ПРЕСС-ЦЕНТР ИКИ РАН
10 АВГ 2021

8 августа 2021 г.,
15:20 UTC,
площадь пятна
превысила 85 кв. км.



8 августа 2021

<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html>
(date of access: 11.11.2025)



12 августа 2021 г., 03:41 UTC

Костяной А.Г., Лаврова О.Ю., Луляг Е.А. (2021).

Современные проблемы ДЗЗ из космоса, т. 18, № 4, 304–310. Рис. 4.



12 августа 2021 04:00 UTC

ПЕРСПЕКТИВЫ

Разработанный подход применим для прогноза и точной дистанционной диагностики зарождения интенсивных мезомасштабных вихрей в разных широтах.

Необходимые требования к численной реализации:

- **негидростатическая** версия региональной модели атмосферы;
- горизонтальное пространственное **разрешение 3 км и менее** для идентификации вихревой облачной конвекции.

При появлении интереса к практической реализации диагностики у метеорологов, владеющих навыками и инструментами облачно-разрешающего атмосферного численного моделирования, автор готов к сотрудничеству.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы «Мониторинг», № государственной регистрации 122042500031-8.

Публикации, презентации, данные:

https://www.researchgate.net/profile/Galina_Levina ; <https://iki-rssi.academia.edu/GalinaLevina>

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !